

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-075787

(43)Date of publication of application : 12.03.2003

(51)Int.Cl.	G02F 1/01
	G02F 1/35
	H01S 3/06
	H01S 3/10

(21)Application number : 2001-268395

(71)Applicant : **COMMUNICATION RESEARCH  
LABORATORY**

(22)Date of filing : 05.09.2001

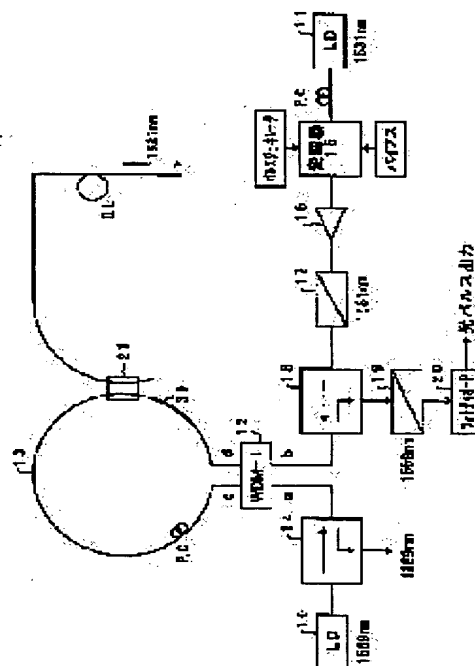
(72)Inventor : BOKU KOKAN  
NAKAJO WATARU

## (54) LIGHT PULSE WIDTH EXPANDING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light pulse width expanding device which expands the pulse width of light pulses through wholly optical constitution.

**SOLUTION:** To constitute an optical device same as an optical switch called NOLM by using an optical coupler 12 and an optical fiber 13, the optical fiber inputs light pulses for pumping of specific wavelength through the optical coupler or another optical coupler and also has an optical fiber part 30 doped with erbium, etc., shifting the phase of passing light by 1800 according to the light pulses for pumping at a position asymmetrical when viewed from the optical coupler. Through this constitution, the phase shifting between clockwise light and counterclockwise light passing through the optical fiber has an unsteady state and during the period, the light passes through the optical fiber without being reflected. Consequently, light pulses having longer pulse width than the light pulses for pumping are generated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.09.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.10.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一方の光ファイバ路を通過するある波長の光を、位相を $90 \times n$ 度 ( $n$ は奇数) 変化させつつ他方の光ファイバ路にカップリングさせる光カブラと、上記光カブラに接続されて、一方の端から上記カップリング波長の光を入力し、上記光カブラあるいは別に用意される光カブラを介して特定の波長のポンピング用光パルスを入力するとともに、上記光カブラから見て非対称となる位置に、該ポンピング用光パルスに応じて通過光の位相を $180 \times m$ 度 ( $m$ は奇数) 変化させる光ファイバ機能部分を有する光ファイバとを備えることを、特徴とする光パルス幅伸長装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光パルス幅伸長装置において、上記光ファイバ機能部分を通り抜ける上記ポンピング用光パルスを、上記光ファイバから外部に取り出す光カブラを備えることを、特徴とする光パルス幅伸長装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長する光パルス幅伸長装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 全光学的データ伝送システムを実現するためには、図12に示すように、光スイッチを使って、バケットごとに伝送路に切り替える処理を行う必要がある。

【0003】 この切替処理を実現するには、バケットの時間幅の間だけ継続して光スイッチを所望の光伝送路側に切り替えていく必要があり、そのために、光パルス幅の伸長されたゲートホールド信号が必要となる。

【0004】 このように、全光学的データ伝送システムを実現する場合には、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長する光パルス幅伸長装置を構築する必要がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、現在までのところ、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長する光パルス幅伸長装置は提供されていないのが実情である。

【0006】 よく知られているNOLM (Nonlinear Optical Loop Mirror) は、単なる光スイッチであり、光パルスのパルス幅を伸長する機能は有していない。

【0007】 現在までに提供されている光パルス幅伸長装置としては、光信号を電気信号に変換して、電気的にパルス幅を伸長し、それを光信号に逆変換していくという構成を採るものばかりである。

【0008】 このように、現在までのところ、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長する光パルス幅伸

長装置は提供されていない。

【0009】 これから、従来技術に従っていたのでは、全光学的データ伝送システムを実現することは不可能である。

【0010】 本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長する新たな光パルス幅伸長装置の提供を目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成するために、本発明では、一方の光ファイバ路を通過するある波長の光を、位相を $90 \times n$ 度 ( $n$ は奇数) 変化させつつ他方の光ファイバ路にカップリングさせる光カブラと、この光カブラに接続されて、一方の端からカップリング波長の光を入力し、この光カブラあるいは別に用意される光カブラを介して特定の波長のポンピング用光パルスを入力するとともに、この光カブラから見て非対称となる位置に、そのポンピング用光パルスに応じて通過光の位相を $180 \times m$ 度 ( $m$ は奇数) 変化させる光ファイバ機能部分を有する光ファイバとを備えるように構成する。

【0012】 このように構成される本発明では、光ファイバの一方の端から入力されるカップリング波長の光は、光カブラの位相変化機能により、あたかも反射するかのように光カブラから戻されて、光カブラを通り抜けることはできない。

【0013】 このとき、この光カブラや別に用意される光カブラを介して特定の波長のポンピング用光パルスが入力されると、光ファイバ機能部分は、そのポンピング用光パルスにตอบสนองして、通過光の位相を $180 \times m$ 度変化させるように動作する。

【0014】 この光ファイバ機能部分は光カブラから見て非対称となる位置に設けられており、これから、光カブラによる位相変化を受けずに光ファイバ機能部分に到達するカップリング波長光のその到達に要するまでの時間と、光カブラによる位相変化を受けて光ファイバ機能部分に到達するカップリング波長光のその到達に要するまでの時間との間に時間差が生ずる。

【0015】 このために、その時間差の間だけ、光ファイバを通過する光の位相変化に非定常的な状態が発生し、これにより、光は、その時間差の間だけ光ファイバを通り抜けることになるので、ポンピング用光パルスのパルス幅よりも伸長されたパルス幅を持つ光パルスが取り出されることになる。

【0016】 このようにして、本発明によれば、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長できるようになる。

【0017】 これにより、本発明によれば、全光学的データ伝送システムの実現が現実的なものにできるようになる。

## 【0018】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態に従って本発明を詳細に説明する。

【0019】図1に、本発明の光パルス幅伸長装置の一実施形態例を図示する。

【0020】この図に示すように、本発明の光パルス幅伸長装置は、第1のレーザ光源10と、第2のレーザ光源11と、第1のWDMカブラ12と、光ファイバ13と、第1のサーキュレータ14と、変調器15と、光ファイバアンプ16と、第1のフィルタ17と、第2のサーキュレータ18と、第2のフィルタ19と、フォトダイオード20と、第2のWDMカブラ21とを備える。

【0021】ここで、図中に示すP、Cは、偏波面を制御する偏波面コントローラであり、光ファイバ13を通り抜ける光（光パルス）の消光比を高めるために用意されている。

【0022】第1のレーザ光源10は、1569nmの波長のレーザ光を連続発振する。第2のレーザ光源11は、1531nmの波長のレーザ光を連続発振する。

【0023】第1のWDMカブラ12は、2本の光ファイバ路をカップリングさせる機能を有するものであって、一方の光ファイバ路に1569nmの波長のレーザ光が入力されるときには、カップリング機能を発揮して、それを2つに分岐し、分岐元の側の方の光については位相を変化させずにそのまま出力するとともに、分岐先の側の方の光については位相を90度変化させつつ出力する。そして、1531nmの波長のレーザ光が入力されるときには、カップリング機能を発揮せずに、その入力される光を位相を変化させずにそのまま出力する。

【0024】すなわち、第1のWDMカブラ12は、図1に示すa、b、c、dのポートを有して、これから説明することに関係して説明するならば、ポートaに1569nmの波長のレーザ光が入力されるときには、図2(a)に示すように、カップリング機能を発揮して、それを2つに分岐し、位相を変化させずにポートcに出力するとともに、位相を90度変化させつつポートdに出力する。

【0025】また、ポートcに1569nmの波長のレーザ光が入力されるときには、図2(b)に示すように、カップリング機能を発揮して、それを2つに分岐し、位相を変化させずにポートaに出力するとともに、位相を90度変化させつつポートbに出力する。

【0026】また、ポートdに1569nmの波長のレーザ光が入力されるときには、図2(c)に示すように、カップリング機能を発揮して、それを2つに分岐し、位相を変化させずにポートbに出力するとともに、位相を90度変化させつつポートaに出力する。

【0027】そして、ポートbに1531nmの波長のレーザ光が入力されるときには、図2(d)に示すように、カップリング機能を発揮せずに、位相を変化させずにポートdに出力するのである。

【0028】光ファイバ13は、第1のWDMカブラ1

2に接続されて、第1のWDMカブラ12から見て左右非対称となる位置に、エルビウムがドープされたErドープ光ファイバ部分30を有する。

【0029】このErドープ光ファイバ部分30は、図3に示すように、波長依存性を示す吸収特性を有して、1569nmの波長の光についてはほとんど吸収しないのに対して、1531nmの波長の光については非常によく吸収するという特性を示し、この1531nmの波長の光の吸収にตอบสนองして、熱効果及び非線形効果により、通過光（波長1569nm）の位相を180度変化させるという機能を発揮する。

【0030】第1のサーキュレータ14は、光ファイバを使って、第1のレーザ光源10の発振するレーザ光（波長1569nmの光）を第1のWDMカブラ12に入力するときに、その入力にตอบสนองして第1のWDMカブラ12から戻されるレーザ光を外部に出力することで、第1のWDMカブラ12から戻されるレーザ光が第1のレーザ光源10に戻されないようにする。

【0031】変調器15は、第2のレーザ光源11の発振するレーザ光をパルス化する。光ファイバアンプ16は、変調器15の出力する光パルスを入力として、そのパワーを増幅する。第1のフィルタ17は、光ファイバアンプ16の出力する光パルスを入力として、その光パルスの持つ1531nmの波長成分のみを通過させる。

【0032】第2のサーキュレータ18は、光ファイバを使って、第1のフィルタ17の出力する光パルス（波長1531nmの光）を第1のWDMカブラ12に入力するときに、その入力にตอบสนองして第1のWDMカブラ12から戻されるパルス幅の伸長された光パルス（波長1569nmの光）を外に取り出す。

【0033】第2のフィルタ19は、第2のサーキュレータ18の取り出すパルス幅の伸長された光パルスを入力として、その光パルスの持つ1569nmの波長成分のみを通過させる。フォトダイオード20は、第2のフィルタ19から取り出される光パルスを入力として、その光パルスを電気信号に変換する。

【0034】第2のWDMカブラ21は、図4に示すような光カップリング特性を有して、Erドープ光ファイバ部分30で吸収されなかった1531nmの波長の光を光ファイバ13から外部に出力するために用意される。

【0035】次に、このように構成される本発明の光パルス幅伸長装置の動作について詳細に説明する。

【0036】先ず最初に、変調器15の出力する光パルスが第1のWDMカブラ12に入力されないときの動作について説明する。

【0037】このときには、第1のレーザ光源10の発振するレーザ光（波長1569nm）のみが第1のWDMカブラ12に入力され、Erドープ光ファイバ部分30には1531nmの波長の光パルスが入力されないため、Erドープ光ファイバ部分30は、通過光の位相を変化させるこ

とはない。

【0038】この場合には、図5に示すように、第1のレーザ光源10の発振するレーザ光（波長1569nm）は第1のWDMカブラ12で2つに分岐されて、その一方の光は、図中の①に示すように、位相の変化を受けずに光ファイバ13をCW方向に伝送し、他方の光は、図中の②に示すように、90度の位相変化を受けつつ光ファイバ13をCCW方向に伝送する。

【0039】この①のルートで光ファイバ13を伝送する光は、CW方向に光ファイバ13を1周することで第1のWDMカブラ12に到達すると、そこで2つに分岐されて、その一方の光は、図中の③に示すように、位相の変化を受けずに第2のサーキュレータ18に向けて伝送し、他方の光は、図中の④に示すように、90度の位相変化を受けつつ第1のサーキュレータ14に向けて伝送する。

【0040】一方、②のルートで光ファイバ13を伝送する光は、CCW方向に光ファイバ13を1周することで第1のWDMカブラ12に到達すると、そこで2つに分岐されて、その一方の光は、図中の⑤に示すように、位相の変化を受けずに第1のサーキュレータ14に向けて伝送し、他方の光は、図中の⑥に示すように、90度の位相変化を受けつつ第2のサーキュレータ18に向けて伝送する。

【0041】これから、第1のサーキュレータ14に向けて伝送する光の位相は、図中の④⑤に示すように、2つとも位相の変化が90度になることで互いに打ち消し合うことはないのに対して、第2のサーキュレータ18に向けて伝送する光の位相は、図中の③⑥に示すように、位相の変化が0度と180度となることで互いに打ち消し合うことになる。

【0042】このようにして、変調器15の出力する光パルスが第1のWDMカブラ12に入力されないときには、第1のレーザ光源10の発振するレーザ光（波長1569nm）は、第2のサーキュレータ18に向けて伝送することではなく、あたかも第1のWDMカブラ12で反射されるかの如く第1のサーキュレータ14に戻されて、外部へと出力されることになる。

【0043】次に、変調器15の出力する光パルスが第1のWDMカブラ12に入力されたときの動作について説明する。

【0044】この場合には、Erドープ光ファイバ部分30は、この光パルス（波長1531nm）を吸収して、熱効果及び非線形効果により、通過光の位相を180度変化させるように動作する。

【0045】これから、図6に示すように、CW方向に光ファイバ13を1周することで第1のWDMカブラ12に到達して、図中の③のルートに従って第2のサーキュレータ18に伝送する第1のレーザ光源10の発振するレーザ光（波長1569nm）は、図中の③に示すように、

それまで位相変化を受けていなかったのに対して、今度は180度の位相変化を受けつつ第2のサーキュレータ18に向けて伝送する。

【0046】一方、図6に示すように、CCW方向に光ファイバ13を1周することで第1のWDMカブラ12に到達して、図中の⑥のルートに従って第2のサーキュレータ18に伝送する第1のレーザ光源10の発振するレーザ光（波長1569nm）は、図中の⑥に示すように、それまで180度の位相変化を受けていたのに対して、今度は360度の位相変化を受けつつ第2のサーキュレータ18に向けて伝送する。

【0047】第2のサーキュレータ18に向けて伝送する2つの光の位相の変化がそれぞれ180度と360度である場合には、180度の位相差があることで互いに打ち消し合うことになる。

【0048】しかるに、Erドープ光ファイバ部分30は、第1のWDMカブラ12から見て左右非対称となる位置に設けられている。

【0049】これから、CCW方向に光ファイバ13を1周する光（図5の②のルートで伝送する光）がErドープ光ファイバ部分30に到達するまでの時間と、CW方向に光ファイバ13を1周する光（図5の①のルートで伝送する光）がErドープ光ファイバ部分30に到達するまでの時間との間には時間差が生ずることになる。

【0050】すなわち、図6に示す例で説明するならば、Erドープ光ファイバ部分30が第1のWDMカブラ12から見て第2のサーキュレータ18に近い側に設けられていることから、CCW方向に光ファイバ13を1周する光の方が、CW方向に光ファイバ13を1周する光よりも速くErドープ光ファイバ部分30に到達することになる。

【0051】これから、図7に示すように、CCW方向に光ファイバ13を1周して第2のサーキュレータ18に向けて伝送する光がErドープ光ファイバ部分30による180度の位相変化を受けるときに、その時間差の間だけ、CW方向に光ファイバ13を1周して第2のサーキュレータ18に向けて伝送する光については、Erドープ光ファイバ部分30による180度の位相変化を受けない状態が発生する。

【0052】この状態のときには、図6中に示す⑥の光（CCW方向の光）は360度の位相変化を受けるのに対して、図6中に示す③の光（CW方向の光）は位相の変化を受けないことになり、これにより360度の位相差があることで2つの光は互いに打ち消し合わないことになる。

【0053】このようにして第2のサーキュレータ18に向けて伝送する光パルス（波長1569nm）は、第2のサーキュレータ18から第2のフィルタ19へと取り出されることで、フォトダイオード20により電気信号に変換されることになる。

【0054】このとき検出される光パルスのパルス幅（図7中に示す $\Delta T$ ）は、図8に示すように、CW方向に光ファイバ13を1周する光が図中に示す $\alpha$ 点に到達するまでの時間と、CCW方向に光ファイバ13を1周する光がこの $\alpha$ 点に到達するまでの時間との間の時間差により規定される。

【0055】すなわち、第2のサーキュレータ18から第2のフィルタ19へと取り出される光パルス（波長1569nm）のパルス幅は、変調器15により生成される光パルス（波長1531nm）のパルス幅とは関係なく設定でき、これにより光パルスのパルス幅を伸長できるようになる。

【0056】なお、図7のタイムチャートでは、光パルスが第1のWDMカブラ12から回転を開始する場合の観点から記載しているが、光パルスが回転を終了して第1のWDMカブラ12へと戻ってくる場合の観点から記載する場合には、CW方向に光ファイバ13を1周する光の方が先に $\pi$ の位相変化を受けて戻ってきて、CCW方向に光ファイバ13を1周する光の方がこれに $\Delta T$ 遅れて $\pi$ の位相変化を受けて戻ってくることになる。

【0057】このようにして、本発明によれば、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長できるようになる。

【0058】図9に、本発明の有効性を検証するために行った実験結果を図示する。

【0059】図9（a）に示す実験結果は、光ファイバ13の長さが70m、Erドープ光ファイバ部分30の長さが5m、変調器15により生成される光パルスのパルス幅が5nsecで、その周期が2.5 $\mu$ secで、そのパワーが170mWで実験を行ったときの実験結果である。ポンピング光パルスの波長は1531nmで、伸長光パルスの波長は波長1569nmである。

【0060】また、図9（b）に示す実験結果は、光ファイバ13の長さが40m、Erドープ光ファイバ部分30の長さが5m、変調器15により生成される光パルスのパルス幅が5nsecで、その周期が2.5 $\mu$ secで、そのパワーが170mWで実験を行ったときの実験結果である。ポンピング光パルスの波長は1531nmで、伸長光パルスの波長は波長1569nmである。

【0061】図9（a）の実験結果から、パルス幅5nsecの光パルスをトリガにして、パルス幅350nsecの光パルスを生成できることが検証できた。また、図9（b）の実験結果から、パルス幅5nsecの光パルスをトリガにして、パルス幅200nsecの光パルスを生成できることが検証できた。

【0062】このようにして、本発明により全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長できるようになることを実験で検証できた。

【0063】図10に、本発明の光パルス幅伸長装置の他の実施形態例を図示する。

【0064】図1に示した実施形態例では、第1のWDMカブラ12を使って、ポンピング用の光パルス（波長1531nm）を光ファイバ13に入力するという構成を採ったが、この実施形態例では、光ファイバ13の経路途中に設けられるWDMカブラ23を使って、ポンピング用の光パルス（波長1531nm）を光ファイバ13に入力するという構成を採っている。

【0065】このWDMカブラ23は、図11に示すような光カップリング特性を有しており、この光カップリング特性を使って、ポンピング用の光パルス（波長1531nm）を光ファイバ13に入力するという構成を採っているのである。

【0066】なお、この実施形態例に従う場合には、第1のWDMカブラ12の代わりに、図2（a）（b）（c）に示した光カップリング特性のみを持つ波長選択性を示さない光カブラ22を用いれば足りる。また、第2のサーキュレータ18を備える必要もない。

【0067】図示していないが、この実施形態例でも、Erドープ光ファイバ部分30で吸収されなかった1531nmの波長の光を光ファイバ13から外部に出力するためのWDMカブラを用意することが好ましい。

【0068】以上に説明した実施形態例では、第1のWDMカブラ12として、位相を90度変化させつつ光カップリングを行うものを使用するという構成を採ったが、位相を90 $\times$ n度（nは奇数）変化させつつ光カップリングを行うものを使用することでも、図5及び図6に示した2つの状態を実現できるので、そのような位相変化を起こす第1のWDMカブラ12を使用するという構成を採ってもよい。

【0069】また、以上に説明した実施形態例では、Erドープ光ファイバ部分30として、位相を180度変化させるものを使用するという構成を採ったが、位相を180 $\times$ m度（mは奇数）変化させるものを使用することでも、図5及び図6に示した2つの状態を実現できるので、そのような位相変化を起こすErドープ光ファイバ部分30を持つ光ファイバ13を使用するという構成を採ってもよい。

【0070】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、全光学的構成により光パルスのパルス幅を伸長できるようになる。

【0071】これにより、本発明によれば、全光学的データ伝送システムの実現が現実的なものにできるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態例である。

【図2】本発明で用いられる第1のWDMカブラの説明図である。

【図3】Erドープ光ファイバ部分の吸収特性の説明図である。

【図4】本発明で用いられる第2のWDMカブラの説明図である。

【図5】本発明の説明図である。

【図6】本発明の説明図である。

【図7】本発明の説明図である。

【図8】本発明の説明図である。

【図9】本発明の有効性を検証するために行った実験結果の説明図である。

【図10】本発明の他の実施形態例である。

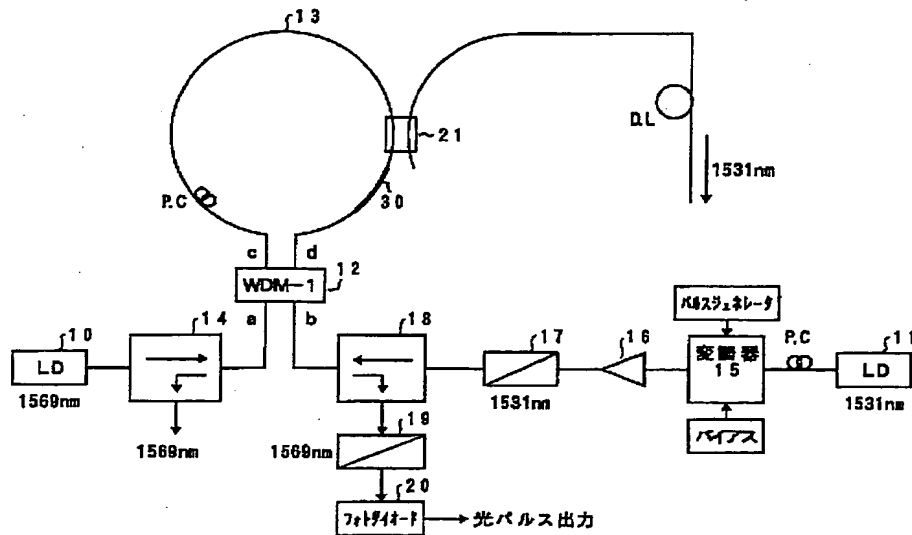
【図11】本発明で用いられるWDMカブラの説明図である。

【図12】伝送路の切り替えの説明図である。

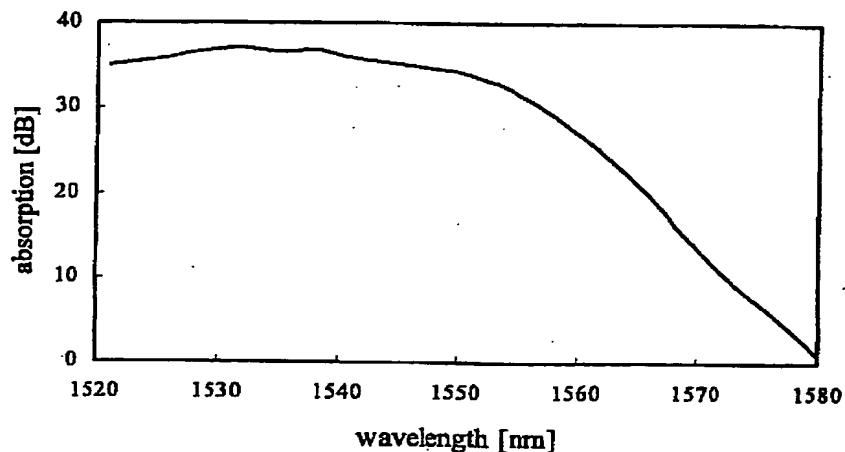
【符号の説明】

- 10 第1のレーザ光源
- 11 第2のレーザ光源
- 12 第1のWDMカブラ
- 13 光ファイバ
- 14 第1のサーキュレータ
- 15 変調器
- 16 光ファイバアンプ
- 17 第1のフィルタ
- 18 第2のサーキュレータ
- 19 第2のフィルタ
- 20 フォトダイオード
- 21 第2のWDMカブラ

【図1】

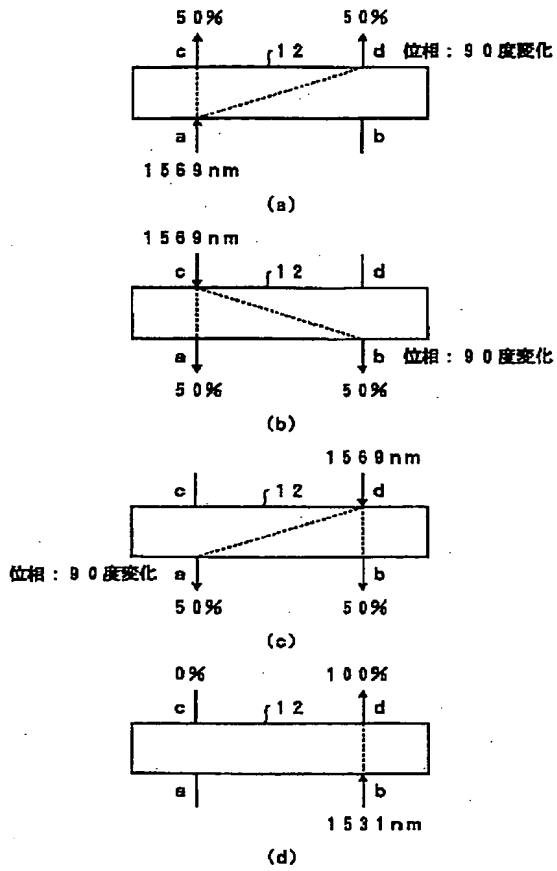


【図3】

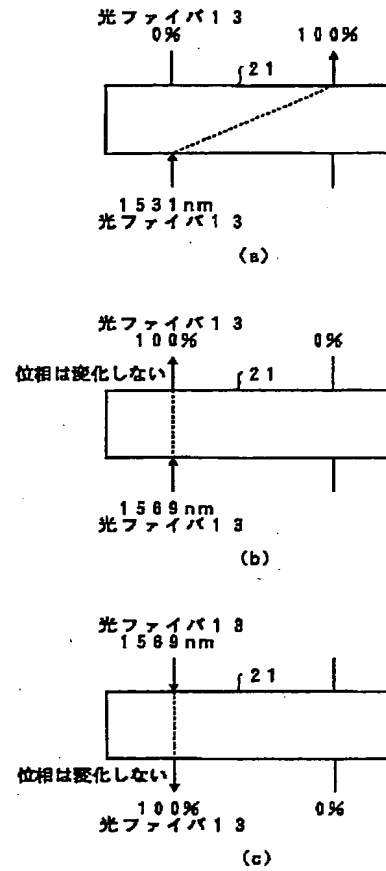




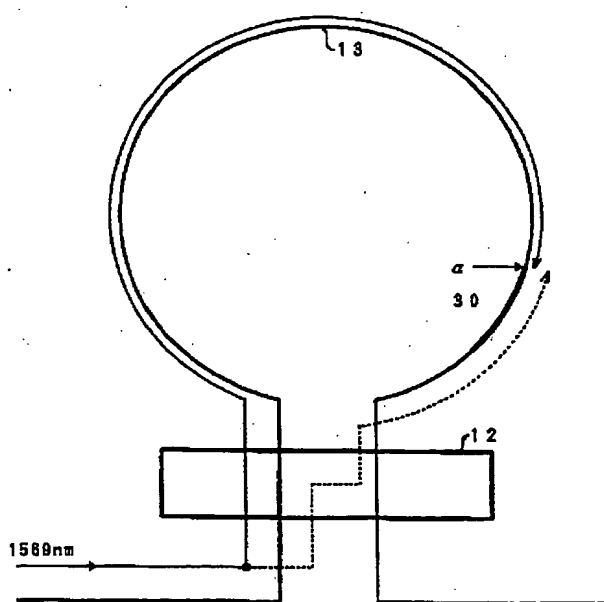
【図2】



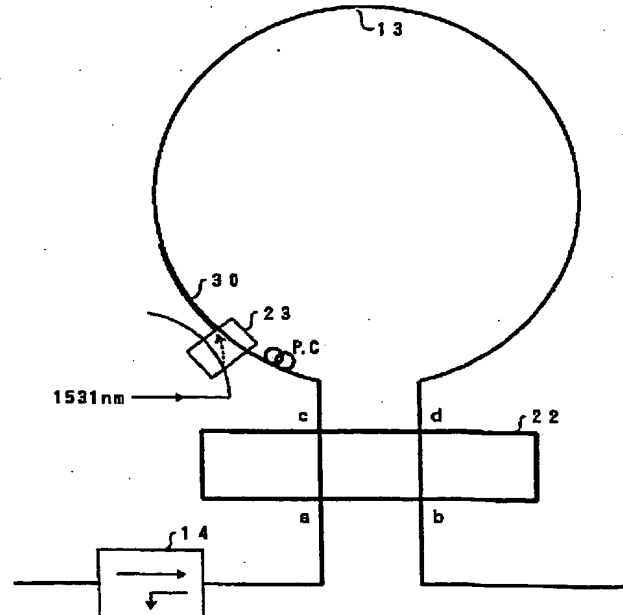
【図4】



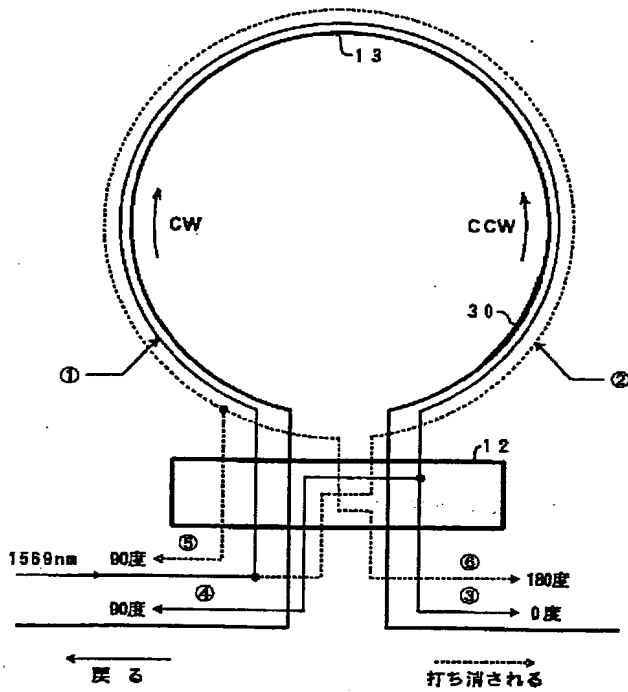
【図8】



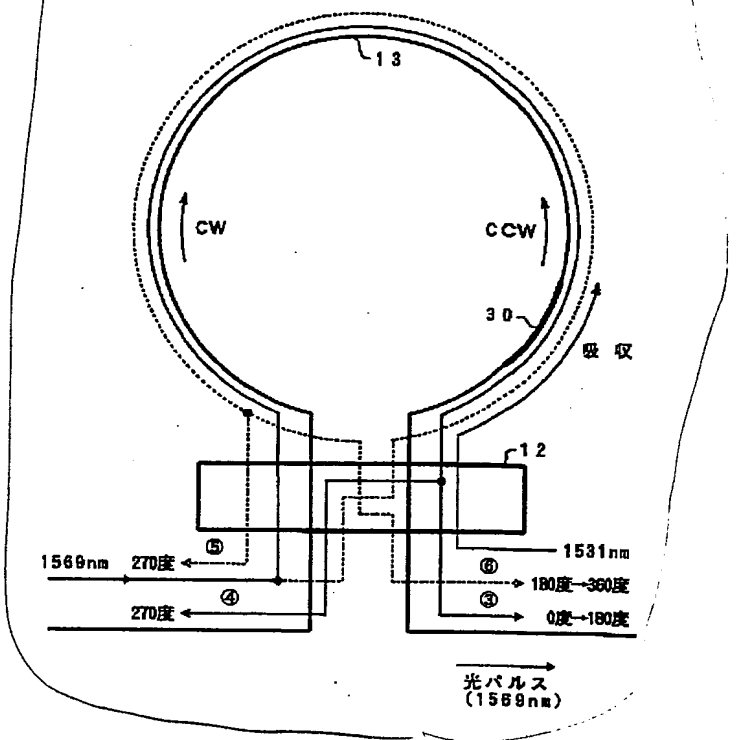
【図10】



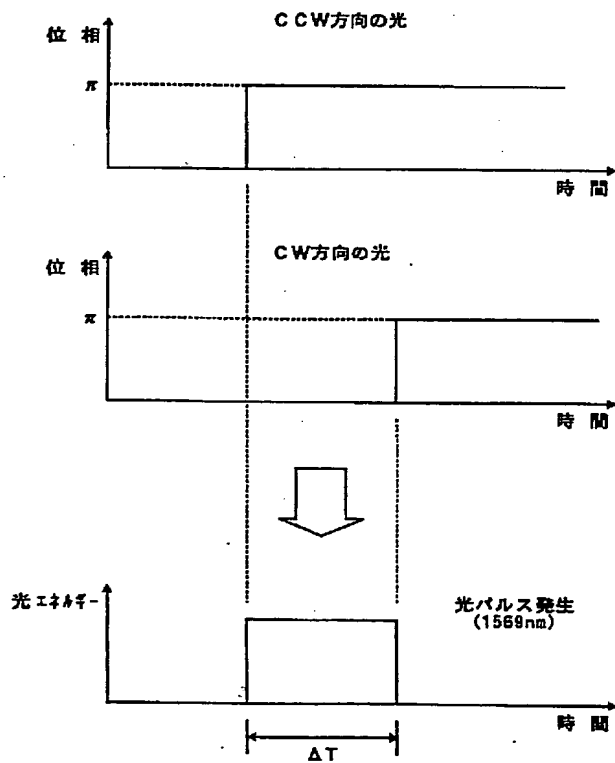
【図5】



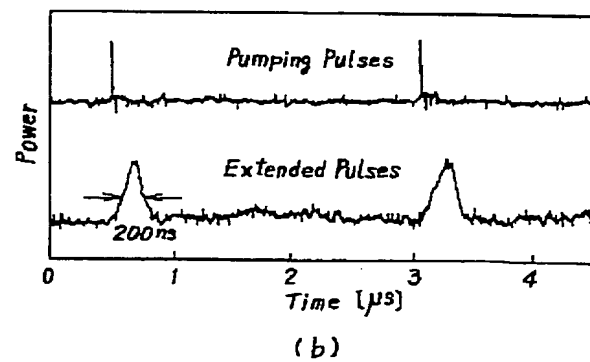
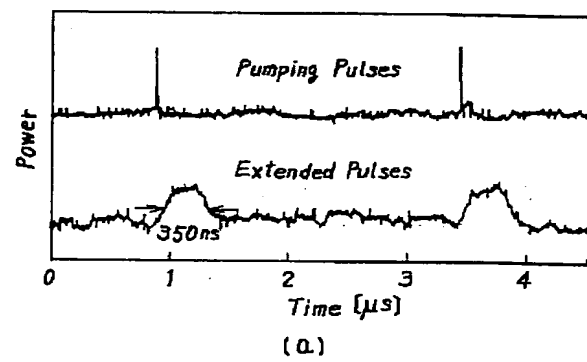
【図6】



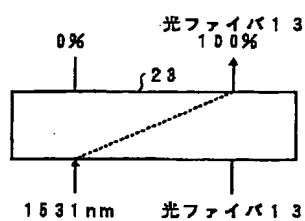
【図7】



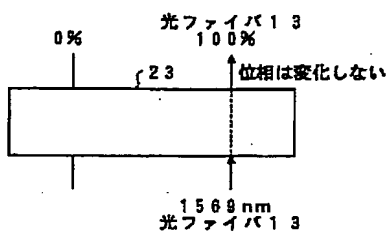
【図9】



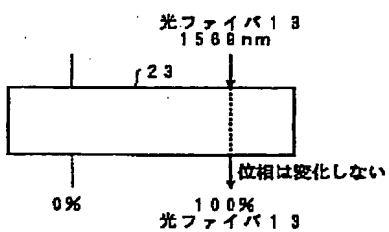
【図11】



(a)

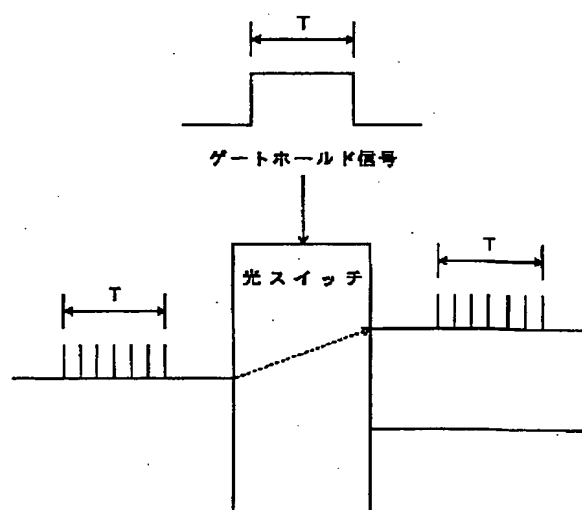


(b)



(c)

【図12】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H079 AA08 AA14 BA03 CA24 DA05  
EA04 EA09  
2K002 AA02 AB40 BA02 DA07 DA10  
HA16  
5F072 AB09 AK06 HH09 KK30 MM03  
QQ20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**